

УДК 581.132.(134).

## **ИЗУЧЕНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ ЗАСОЛЕНИЯ ПОЧВ**

**М. Х.-М. Магомедова, А. Т. Маммаев,  
М. Ю. Алиева, Е. В. Пиняскина**

Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН

---

В настоящее время биологическая оценка среды обитания, основанная на показаниях флуоресценции растений, которые позволяют задолго до появления деструктивных признаков судить о результатах внешнего воздействия, является наиболее предпочтительной в мониторинговых исследованиях экологической системы и оценки физиологического состояния фототрофов. Нами предлагается биофизический подход в исследования состояния почвы по флуоресцентной реакции травянистых растений на различия в засолённости почв.

Presently, the biological estimation of habitats, based on the testimonies of fluorescence of plants allowing, long before the appearance of destructive signs, to judge about the results of external influence, has been preferable in monitoring researches of an ecological system and estimation of the physiological state of phototrophs. A biophysical approach in researches of state of soils on the fluorescent reaction of grassy plants on differences in salinity of soils is offered.

Ключевые слова: флуоресценция; фотосинтез; засолённость почв; биоиндикаторы.

Keywords: fluorescence; photosynthesis; soil salinity; biological indicators.

Как известно, растения очень чувствительны к повышенной засолённости почвенной среды. Различные физические и химические факторы, влияющие на состояние растительных сообществ, в конечном счете, прямо или косвенно отражаются на работе молекулярных систем фотосинтеза. В связи с явлениями повышенной засолённости почв обширных территорий очевидна необходимость и важность исследований состояния почвы по флуоресцентной реакции растений и изучение подобных зависимостей.

Напряженность любого внешнего фактора, выходящая за пределы нормы реакции генотипа, создает условия для возникновения экологического стресса. Наиболее остро в наших условиях как фактор экологического стресса для наземных растений выступает высокое содержание солей в почве, что приводит к расширению областей, имеющих крайне деградированный травянистый и почвенный покров [1].

В системе экологического контроля недостаточна методическая база для применения инструментальных экспресс-методов биоиндикации, в частности применения показателей флуоресценции растений [2–6], как альтернативы методам, требующим длительной высококвалифицированной обработки биологических проб. Оценку состояния и качества почв проводят по лабораторным нормативам, а методов, позволяющих устанавливать границы норм состояния непосредственно по природным данным, сравнительно немного. Если в лабораторных опытах на тестовую популяцию воздействует единственный испытуемый фактор и предполагается, что действие остальных факторов не приводит к неблагоприятию, то в природных экосистемах нет изолированного действия факторов, и

все они одновременно влияют на каждую из биологических характеристик и могут одновременно приводить к неблагоприятию.

Целью нашей работы являлось выявление растений – индикаторов на высокие показатели засоления почвы по фотосинтетическим показателям травянистых растений.

#### **Методы и объекты**

Для исследования зависимости флуоресцентных показателей от степени засоленности почвы проводился отбор материала, объектов исследования и измерение квантового выхода флуоресценции и фотосинтеза в Тарумовском районе на территории Кочубейской биосферной станции. Геоморфологическая область и район – приморская полоса Терско-Кумской низменности, слабонаклонная равнина на север, мезорельеф бугристый; участок №1: тип и вид почвы – бугристый солончак легкосуглинистый. Растительность – сарсазановые сообщества: сарсазан, солянка однолетняя, полынь, кермек, лебеда, амарант и др.; участок № 2 расположен на расстоянии около 1000 м от первого участка в сторону моря. Образцы почв отбирали на глубине 20–30 см. Объектами изучения служили листья третьего сверху яруса растений кермек Мейера (*Limonium Meyeri*), лебеда раскидистая (*Chenopodium album*) и амарант запрокинутый (*Amaranthus Caudatus*). Число наблюдений для разных биологических показателей составило от 7 до 15 измерений для одного вида с каждого участка.

Для определения общей концентрации водорастворимых солей в почвах проводился анализ водной вытяжки по общепринятым методам [7].

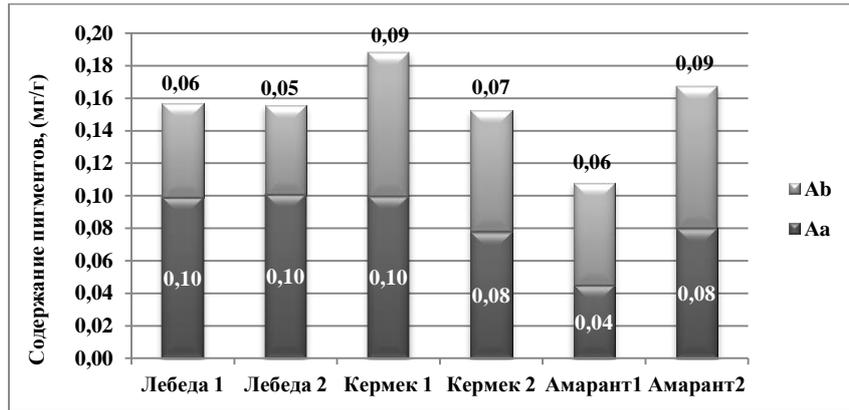
Измерение параметров флуоресценции проводилось на импульсном портативном хлорофилл-флуориметре MINI-PAM Yeinz Walz GmbH (Германия). Анализатор эффективности фотосинтеза MINI-PAM специально разработан для быстрой и достоверной оценки квантового выхода фотохимического преобразования энергии в процессе фотосинтеза.

Измерялись следующие показатели флуоресценции растений:  $F_0$  – фоновый уровень флуоресценции растений (все реакционные центры фотосистемы 2, возбуждаемой светом в коротковолновой части спектра, находятся в «открытом» состоянии);  $F$  – квантовый выход флуоресценции растений;  $F_m$  – максимум переменной флуоресценции растений (все реакционные центры фотосистемы 2 находятся в «закрытом» состоянии);  $Y$  – квантовый выход фотосинтеза.

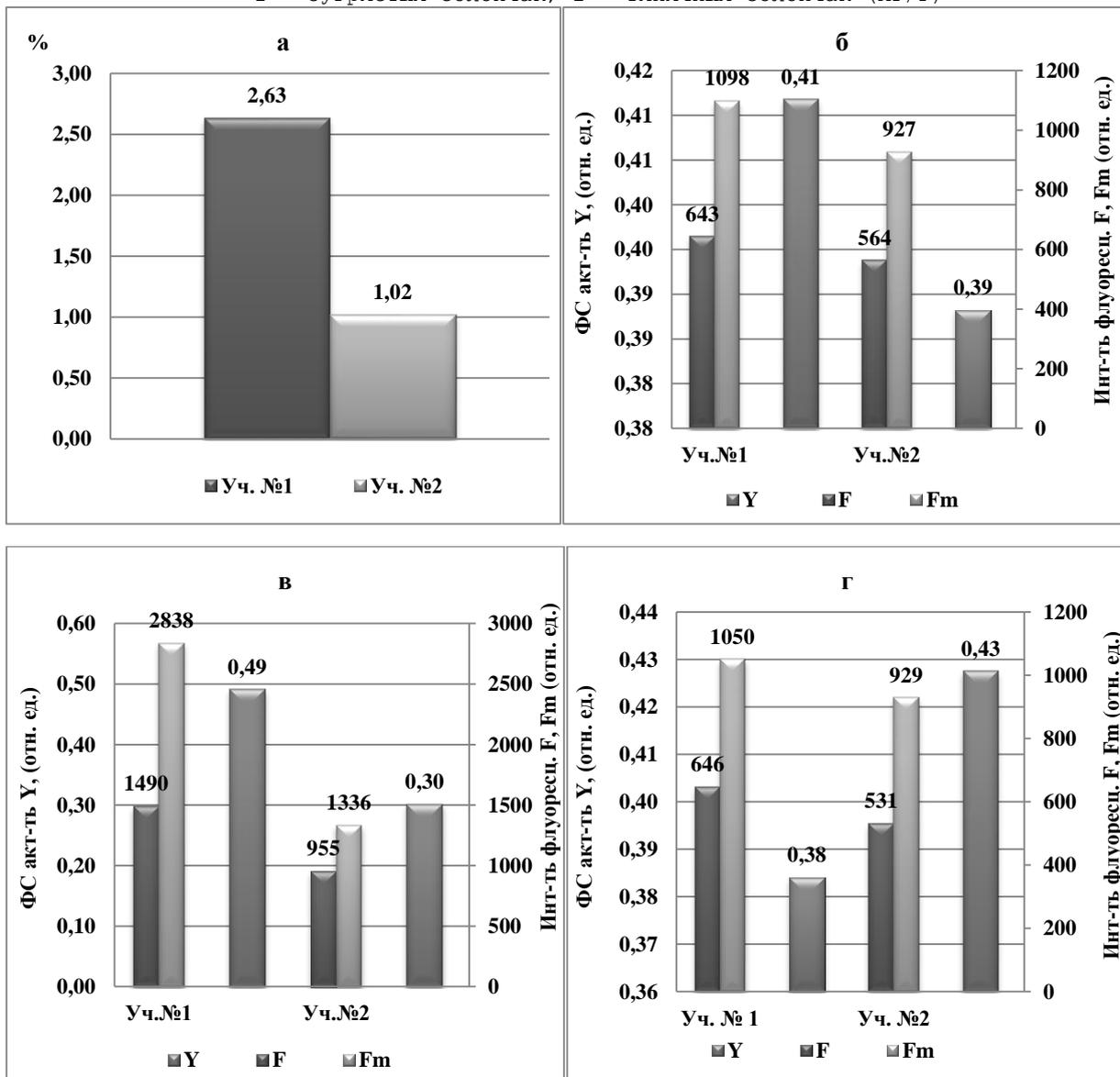
Спектрофотометрический анализ ацетонового экстракта пигментов (хлорофиллов  $a$ ,  $b$ ) проводили на спектрофотометре СФ-26. Концентрацию и содержание хлорофиллов  $a$ ,  $b$  определяли по формулам Н.К. Lichtenthaler [7].

#### **Результаты и обсуждение**

На рис. 1 отражено соотношение содержания Хла и Хлб в растениях, произрастающих на почвах с различной степенью засоленности. Наибольшее количество пигментов обнаружено в растениях кермек с участка № 1 и наименьшее количество в листьях растений амарант с этого же участка.



**Рис. 1.** Соотношение содержания пигментов (хлорофиллов a и b) в растениях лебеда раскидистая, кермек Мейера и амарант запрокинутый с почв с различной степенью засоленности: 1 – буристый солончак; 2 – типичный солончак (мг/г)



**Рис. 2.** Соотношение плотного остатка (а) и квантового выхода флуоресценции F, максимальной флуоресценции F<sub>m</sub> и фотосинтеза растений лебеда (б), кермек (в) и амарант (г)

и амарант (г), произрастающих на почвах с различной степенью засоленности  
 1 – бугристый солончак; 2 – типичный солончак

Анализ соотношения квантового выхода флуоресценции  $F$ , максимальной флуоресценции  $F_m$  и квантового выхода фотосинтеза  $Y$  растений лебеда, произрастающих на участках № 1 и 2, показывает, что эти значения растений с участка № 1 заметно выше по сравнению с этими же показателями растений с участка № 2 (рис. 2б).

Соотношения квантового выхода флуоресценции  $F$ , максимальной флуоресценции  $F_m$  и квантового выхода фотосинтеза  $Y$  растений кермек с участков № 1 и 2 показывают, что максимальные значения  $F$ ,  $F_m$  и  $Y$  у кермека с участка № 1 (рис. 2в) такие же, как у растений лебеда. По показаниям флуоресценции и фотосинтеза растений лебеда и кермек наблюдается прямая корреляция с плотным остатком солей в почве (рис. 2а).

У растений амарант показания квантового выхода флуоресценции  $F$ ,  $F_m$  выше на участке № 1. Это соответствует флуоресцентному ответу и растений кермек и лебеда. При этом значения квантового выхода фотосинтеза выше на участке № 2 (рис. 2г). Фотосинтетическая реакция растений амарант отличается от фотосинтетического ответа растений кермек и лебеда. В листьях растений амарант сумма пигментов выше на участке № 2. Процентное соотношение содержания Хла и Хлб – 42 и 58% (соответственно), т.е. содержание Хла заметно ниже. Это соотношение имеет место на обоих участках. Флуоресцентные показания растений амарант дают прямую корреляцию с плотным остатком в почве, как и растения лебеда и кермек. При этом показания фотосинтеза выдают обратную корреляцию с плотным остатком солей почвы.

### Заключение

Сравнительная характеристика соотношения квантового выхода флуоресценции  $F$  и максимальной флуоресценции  $F_m$  растений, произрастающих на участках № 1 и 2, выявила, что максимальные значения  $F$  и  $F_m$  наблюдались у растений кермек с участка № 1. У растений амарант показания квантового выхода флуоресценции  $F$ ,  $F_m$  выше на участке № 1 и ниже на участке № 2. Это соответствует флуоресцентному ответу и растений кермек и лебеда.

Значения квантового выхода фотосинтеза  $Y$  так же выше у растений кермек с участка №1 и у растений амарант с участка № 2. Наблюдается прямая корреляция показаний  $Y$  с суммой пигментов Хла и Хлб (рис. 1). Фотосинтетическая активность растений находится в прямой зависимости от суммы пигментов: чем выше сумма пигментов Хла и Хлб, тем выше показания фотосинтетической активности. Возможно, высокие показатели параметров  $F_m$  растений кермек или, наоборот, низкие показатели фотосинтетической активности растений амарант могут служить сигналом присутствия дисбаланса в почве, что позволит использовать эти растения как индикаторы присутствия дисбаланса в почве. Однако этот вопрос требует дальнейшего изучения и более детального исследования.

Наиболее заметная реакция у растений кермек на высокое напряжение стресс-фактора – повышение концентрации пигментов и показаний квантового выхода фотосинтеза, у растений амарант наблюдалась обратная картина: содержание пигментов и фотосинтетическая активность заметно ниже относительно других растений. Возможно, именно эта особенность позволит в дальнейшем использовать растения кермек и амарант как биоиндикаторы присутствия дис-

баланса в почве, но этот вопрос требует дальнейшего изучения и более детального исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маторин Д.Н., Венедиктов П.С., Рубин А.Б. Замедленная флуоресценция и ее использование для оценки состояния растительного организма // Изв. АН СССР. Сер. биол. 1985. № 4. С. 508–520.

2. Магомедова М.Х.-М., Алиева М.Ю. Исследование взаимозависимости состояния почвы и растений методом измерения замедленной флуоресценции // II Междунар. науч.-практ. конф. «Перспективные разработки науки и техники». Пшемысль, 2011. С. 50–53.

3. Экспресс-мониторинг почвенной системы методом измерения флуоресцентного ответа растений на засоление почв / М.Х.-М. Магомедова, А.Т. Маммаев, М.Ю. Алиева, Е.В. Пиняскина // Аридные экосистемы. 2014. Т. 20, № 1. С. 45.

4. Характер световых кривых растений, как показатель состояния почвы аридных территорий / М.Х.-М. Магомедова, А.Т. Маммаев, М.Ю. Алиева, Е.В. Пиняскина // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 6. URL: <http://www.science-education.ru/130-23951> (дата обращения: 03.02.2017).

5. Магомедова М.Х.-М., Алиева М.Ю., Биарсланов А.Б. Особенности флуоресцентных характеристик и пигментного состава растений, как показателей различий в уровне засоленности почвы // Вестн. Даг. науч. центра. 2014. № 52. С. 27–31.

6. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ, 1972. 487 с.

7. Lichtenthaler H.K. Chlorophyll and Carotinoids: Pigments of Photosynthetic Biomembranes // Methods in Enzymology. 1987. Vol. 148. P. 331–382.

Поступила в редакцию 26.04.2017 г.

Принята к печати 30.06.2017 г.